

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-65341

(P2003-65341A)

(43) 公開日 平成15年3月5日(2003.3.5)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード*(参考)

F 1 6 C 33/44

F 1 6 C 33/44

3 J 1 0 1

19/16

19/16

33/32

33/32

33/41

33/41

33/62

33/62

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-252797(P2001-252797)

(71) 出願人 000001247

光洋精工株式会社

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

(22) 出願日 平成13年8月23日(2001.8.23)

(72) 発明者 大逸 純也

大阪市中央区南船場3丁目5番8号 光洋精工株式会社内

(72) 発明者 豊田 泰

大阪市中央区南船場3丁目5番8号 光洋精工株式会社内

(74) 代理人 100086737

弁理士 岡田 和秀

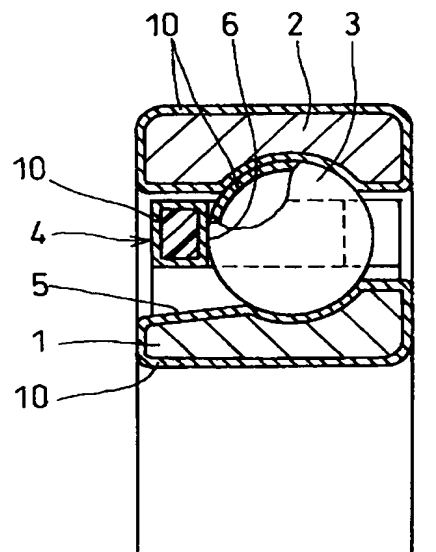
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 転がり軸受

(57) 【要約】

【課題】 転がり軸受において、生産性、低発塵性ならびにアウトガス特性に優れた樹脂製の保持器を用いたうえで、回転初期から長期にわたる潤滑性の向上と転がり動作の安定化を図る。

【解決手段】 樹脂製の保持器4として、アウトガス特性に優れた熱可塑性樹脂を選抜し、それに適正な強化繊維や潤滑成分を適量添加した材料を用いて射出成形されたものとしたうえで、軸受構成要素(内・外輪1、2、転動体3、保持器4)の少なくとも転がり面および/もしくは摺動面に、官能基を有する含ふっ素重合体からなる潤滑膜10を付着している。つまり、潤滑膜10が回転初期の潤滑を良好とするから、保持器4の初期摩耗を抑制できるようになり、前記潤滑膜10と保持器4からの微小摩耗粉による潤滑との相乗作用で経時的な動作安定化を発揮できるようになる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】樹脂製の保持器を有する転がり軸受であって、

前記保持器が、エチレンテトラフルオロエチレン（ETFE）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリアミドイミド（PAI）アロイ、熱可塑性ポリイミド（TPI）のなかから選ばれる1つに対して、強化繊維および固体潤滑剤を所要量配合した材料で射出成形されたものからなり、

かつ、軸受構成要素の少なくとも転がり面および／もしくは摺動面に、官能基を有する含ふっ素重合体からなる流動性を有する潤滑膜が付着されていることを特徴とする転がり軸受。

【請求項2】樹脂製の保持器を有する転がり軸受であって、

前記保持器が、エチレンテトラフルオロエチレン（ETFE）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリアミドイミド（PAI）アロイ、熱可塑性ポリイミド（TPI）のなかから選ばれる1つに対して、強化繊維および固体潤滑剤を所要量配合した材料で射出成形されたものからなり、

かつ、軸受構成要素の少なくとも転がり面および／もしくは摺動面に、含ふっ素ポリウレタン高分子化合物からなる固体状の潤滑膜が付着されていることを特徴とする転がり軸受。

【請求項3】樹脂製の保持器を有する転がり軸受であって、

前記保持器が、エチレンテトラフルオロエチレン（ETFE）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリアミドイミド（PAI）アロイ、熱可塑性ポリイミド（TPI）のなかから選ばれる1つに対して、強化繊維および固体潤滑剤を所要量配合した材料で射出成形されたものからなり、

かつ、軸受構成要素の少なくとも転がり面および／もしくは摺動面に、官能基を有する含ふっ素重合体に対してポリテトラフルオロエチレン（PTFE）からなる粒子を分散混入した流動性を有する潤滑膜、あるいは含ふっ素ポリウレタン高分子化合物に対してポリテトラフルオロエチレン（PTFE）からなる粒子を分散混入した固体状の潤滑膜が付着されていることを特徴とする転がり軸受。

【請求項4】請求項1から3のいずれかの転がり軸受において、

前記強化繊維としてチタン酸カリウムウィスカーが選定されることを特徴とする転がり軸受。

【請求項5】請求項1から4のいずれかの転がり軸受において、

前記固体潤滑剤として、少なくともポリテトラフルオロエチレン（PTFE）が選定されることを特徴とする転がり軸受。

【請求項6】請求項1から4のいずれかの転がり軸受において、

前記固体潤滑剤として、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、二硫化モリブデンならびに黒鉛の三種が選定されることを特徴とする転がり軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、樹脂製の保持器を有する転がり軸受に関する。この転がり軸受は、潤滑条件の厳しい環境で使用される。

【0002】

【従来の技術】一般的に、半導体製造装置の真空チャンバ内などに用いる転がり軸受では、無潤滑での使用とすることがあるので、潤滑作用を有する保持器を用いるようになっている。この種の保持器では、内・外輪、転動体の少なくともいずれか一つに対して摺動接触することにより、微小摩耗を起こし、その微小摩耗粉が摺動相手に対して転移されることで、摺動部位およびその他の接触部位を潤滑するのである。

【0003】この保持器については、潤滑性に優れていて軸受寿命を延ばすだけでなく、発塵性、アウトガス特性も優れていることが要求される。そこで、現在のところ、本願出願人は、上記保持器として、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）を素材としたものを用いている。なお、PTFEは、射出成形できないので、削り出し加工により製作している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来例では、保持器を削り出しにより製作しなければならず、生産性が悪く、製造コストが高つくことが指摘される。これに対して、潤滑性を有したうえで射出成形が可能な樹脂材としていろいろな熱可塑性樹脂があるけれども、いずれも、早期段階において摩耗量やトルクが増大するなど耐久性能が不十分であると言える。

【0005】また、上記従来例では、保持器が潤滑作用を発揮するまでになじみが必要であり、特に使用初期の潤滑性能が不十分であると言える。

【0006】このような事情に鑑み、本発明は、転がり軸受において、生産性、低発塵性ならびにアウトガス特性に優れた樹脂製の保持器を用いたうえで、回転初期から長期にわたる潤滑性の向上と転がり動作の安定化を図ることを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の転がり軸受は、請求項1に示すように、樹脂製の保持器を有するものであって、前記保持器が、エチレンテトラフルオロエチレン（ETFE）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリアミドイミド（PAI）アロイ、熱可塑性ポリイミド（TPI）のなかから選ばれる1つに対して、強化繊維および固体潤滑剤を所要量配合した材料で射出

成形されたものからなり、かつ、軸受構成要素の少なくとも転がり面および／もしくは摺動面に、官能基を有する含ふ素重合体からなる流動性を有する潤滑膜が付着されている。

【0008】本発明の転がり軸受は、請求項2に示すように、樹脂製の保持器を有するものであって、前記保持器が、エチレンテトラフルオロエチレン（ETFE）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリアミドイミド（PAI）アロイ、熱可塑性ポリイミド（TPI）のなかから選ばれる1つに対して、強化繊維および固体潤滑剤を所要量配合した材料で射出成形されたものからなり、かつ、軸受構成要素の少なくとも転がり面および／もしくは摺動面に、含ふ素ポリウレタン高分子化合物からなる固体状の潤滑膜が付着されている。

【0009】本発明の転がり軸受は、請求項3に示すように、樹脂製の保持器を有するものであって、前記保持器が、エチレンテトラフルオロエチレン（ETFE）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリアミドイミド（PAI）アロイ、熱可塑性ポリイミド（TPI）のなかから選ばれる1つに対して、強化繊維および固体潤滑剤を所要量配合した材料で射出成形されたものからなり、かつ、軸受構成要素の少なくとも転がり面および／もしくは摺動面に、官能基を有する含ふ素重合体に対してポリテトラフルオロエチレン（PTFE）からなる粒子を分散混入した流動性を有する潤滑膜、あるいは含ふ素ポリウレタン高分子化合物に対してポリテトラフルオロエチレン（PTFE）からなる粒子を分散混入した固体状の潤滑膜が付着されている。

【0010】本発明の転がり軸受は、請求項4に示すように、上記請求項1から3のいずれかにおいて、前記強化繊維としてチタン酸カリウムウィスカーが選定される。

【0011】本発明の転がり軸受は、請求項5に示すように、上記請求項1から4のいずれかにおいて、前記固体潤滑剤として、少なくともポリテトラフルオロエチレン（PTFE）が選定される。

【0012】本発明の転がり軸受は、請求項6に示すように、上記請求項1から4のいずれかにおいて、前記固体潤滑剤として、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、二硫化モリブデンならびに黒鉛の三種が選定される。

【0013】要するに、本発明では、保持器を射出成形可能な熱可塑性樹脂のなかでも低発塵性ならびにアウトガス特性に優れた素材を選定し、それに対して強度と潤滑性を高めるために配合する強化繊維や固体潤滑剤を特定しており、さらに、軸受構成要素のいずれかにふ素系の潤滑膜を付着させるようにしている。これにより、保持器を安価に製作できて、しかも、回転初期から長期にかけてのトルク軽減と動作安定化が可能になる。

【0014】なお、請求項1、2、3では、それぞれ異

なる潤滑膜を用いているが、いずれの潤滑膜でも、膜切れを起こしにくく、潤滑性ならびに耐食性が優れている。

【0015】また、請求項4、5、6では、請求項1から3のいずれかに記載してある強化繊維や固体潤滑剤を選定することにより、保持器の機械的強度の向上、相手攻撃性の軽減、自身の耐摩耗性の向上を図るようにしている。

【0016】

10 【発明の実施の形態】本発明の詳細について、図面に示す実施形態を参照して説明する。

【0017】図1から図9に本発明の一実施形態を示している。図1は、転がり軸受の上半分の断面図、図2は、保持器の斜視図、図3は、PTFE添加量別の発塵試験の結果を示すグラフ、図4は、潤滑膜を付着しない状態におけるトルク試験の結果を示すグラフ、図5は、潤滑膜の構造を模式的に表した構造図、図6は、潤滑膜の硬化前の状態での性状分析結果を示すグラフ、図7は、潤滑膜の硬化後の状態での性状分析結果を示すグラフ、図8は、転がり軸受のトルク試験の結果を示すグラフ、図9は、転がり軸受の寿命比を示すグラフである。

【0018】図例の転がり軸受は、アンギュラ玉軸受であり、内輪1と、外輪2と、複数の玉からなる転動体3と、樹脂製の保持器4とを備えており、保持器4を外輪2の内周面により案内する外輪案内形式になっている。

【0019】内輪1の外周面において一方側の肩部には、カウンタボア5が設けられている。このカウンタボア5は、内輪1の軌道溝に転動体3の引っ掛かり代を残す状態でテーパー状に面取りされることで形成されている。外輪2は、内周面の軸方向中央に軌道溝を有する形状である。

【0020】保持器4は、いわゆる冠形保持器と呼ばれるものであり、その円周等配の数ヶ所には径方向に貫通されるとともに軸方向一方に開放されたポケット6・・・が設けられている。

【0021】この実施形態では、上記保持器4について特願2001-096976号で出願した構成を採用したうえで、内・外輪1、2、転動体3の少なくともいずれか一つに対して、下記するふ素系の潤滑膜10を付着するようにしていることに特徴がある。

【0022】まず、上記保持器4は、下記する熱可塑性樹脂を母材として、下記する強化繊維や固体潤滑剤を配合した材料を用いて、射出成形により製作される。

【0023】具体的に、上記熱可塑性樹脂としては、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリアミドイミド（PAI）アロイ、熱可塑性ポリイミド（TPI）のなかのいずれか1つが選択される。なお、上記ポリアミドイミド（PAI）アロイについては、例えば三菱ガス化学株式会社製の商品名AIポリマーが、また、熱可塑性ポリイミド（TPI）については、例えば三井化学

株式会社製の商品名オーラムを好適に用いることができる。

【0024】また、強化繊維としては、直径が $2\mu\text{m}$ 以下の短繊維のものが好ましいが、平均繊維径 $0.3\sim 0.6\mu\text{m}$ 、平均繊維長 $10\sim 20\mu\text{m}$ とするのがさらに好ましい。その配合量は、 $5\sim 30\text{wt}\%$ が好ましい。この強化繊維としては、特にチタン酸カリウムウィスカーが好適に選択される。

【0025】さらに、固体潤滑剤としては、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）と、二硫化モリブデンと、黒鉛との三種にするのが好ましい。その配合量は、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）を $5\sim 30\text{wt}\%$ 、二硫化モリブデンを $3\sim 15\text{wt}\%$ 、黒鉛を $3\sim 15\text{wt}\%$ とするのが好ましい。

【0026】ちなみに、強化繊維としてチタン酸カリウムウィスカーを選択した理由は、母材となる熱可塑性樹脂全体の強度を高める性質を有していながら、繊維の硬度が他の一般的な強化繊維（例えばガラス繊維や炭素繊維）と比べて低いため接触する相手部材（軸受の転動体3や内・外輪1、2）を傷つけることがなくなり、相手部材からの発塵を無くせるからである。

【0027】この強化繊維の配合量を $5\sim 30\text{wt}\%$ に設定した理由を説明する。そもそも、強化繊維を多くすると、機械的特性の補強効果が増大するものの、相手材への攻撃性が強くなる。この相反する性質を考慮して、下限値を $5\text{wt}\%$ に、また、上限値を $30\text{wt}\%$ に設定している。この強化繊維の配合量について、 $10\sim 20\text{wt}\%$ に設定するのがより好ましい。

【0028】また、固体潤滑剤の1つとして、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）を選択した理由は、摩擦粉の転移による潤滑作用が優れているからである。その配合量を $5\sim 30\text{wt}\%$ に設定した理由について説明する。

【0029】まず、上限値については、母材となる熱可塑性樹脂に対する混練のしやすさ、つまり射出成形での成型性を考慮して決定しており、それが $30\text{wt}\%$ であった。

【0030】一方、下限値については、転がり軸受に組み込んだ状態での実働試験における発塵量に基づいて決定している。試験に用いた転がり軸受は、JIS呼び番号608であり、発塵測定装置としてはレーザー光散乱方式パーティクルカウンターを用いる。また、試験環境は、 10^{-1}Pa 、 200°C とし、転がり軸受に対して 100N のアキシャル荷重を付与する。この試験に使用する転がり軸受に備える保持器4としては、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）を母材とし、強化繊維としてチタン酸カリウムウィスカーを $10\text{wt}\%$ 、固体潤滑剤としてポリテトラフルオロエチレン（PTFE）を $20\text{wt}\%$ 配合して混練するとともに溶解させた状態としてから、それを所要の成型金型に注入することにより製

作している。そして、試験は、上記ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）の添加量のみをいろいろ変えて行っている。

【0031】結果としては、図3のグラフに示すように、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）の配合量を $2\text{wt}\%$ 以下にすると、発塵量が著しく増えるが、それを基点として増加させると、徐々に発塵量が低下する。ここで、 $10\text{wt}\%$ 以上にすると、 $2\text{wt}\%$ 以下にした場合に対して発塵量が半減する。そして、 $5\text{wt}\%$ に設定すると、発塵量は $10\text{wt}\%$ 以上にした場合と $2\text{wt}\%$ 以下にした場合との中間となる。なお、図3での縦軸に示した $\text{rate } 100$ とは、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）の添加%に対する μ の変化のことで、 0% を 100 としている。このようなことから、下限値としては $10\text{wt}\%$ 以上にするのが最も好ましいのであるが、使用環境の条件などによっては、 $5\text{wt}\%$ でも十分な場合があることを考慮し、余裕を持たせて $5\text{wt}\%$ に決定した。

【0032】また、二硫化モリブデンや黒鉛の配合量を $3\sim 15\text{wt}\%$ に決定した理由としては、いずれも、 $3\text{wt}\%$ 未満だと潤滑作用が小さく、 $15\text{wt}\%$ を越えると機械的強度が劣ることになるからである。この配合量としては、 $6\sim 15\text{wt}\%$ に設定するのがより好ましい。

【0033】ここで、上述した保持器4を用いた転がり軸受のトルク試験を行ったので、説明する。

【0034】試験に用いた転がり軸受は、JIS呼び番号608であり、トルク試験装置としては真空・高温用トルク試験装置を用いている。また、試験環境は、 10^{-1}Pa 、 200°C とし、転がり軸受に対して 100N のアキシャル荷重を付与する。トルク寿命とは、測定トルクが初期トルクの3倍以上になるまでに要する運転時間とする。

【0035】試験は、従来例と、比較例1、2と、実施例との計4つに対して行った。

【0036】つまり、従来例に係る保持器は、例えばポリエーテルエーテルケトン（PEEK）を母材とし、強化繊維としてチタン酸カリウムウィスカーのみを $30\text{wt}\%$ 配合し、所要の成型金型に注入することにより製作している。

【0037】比較例1に係る保持器は、例えばポリエーテルエーテルケトン（PEEK）を母材とし、強化繊維として直径が $2\mu\text{m}$ 以下のチタン酸カリウムウィスカーを $10\text{wt}\%$ 、固体潤滑剤としてポリテトラフルオロエチレン（PTFE）のみを $20\text{wt}\%$ 配合して混練するとともに溶解させた状態としてから、それを所要の成型金型に注入することにより製作している。

【0038】比較例2に係る保持器4は、例えばポリエーテルエーテルケトン（PEEK）を母材とし、強化繊維として直径が $2\mu\text{m}$ 以下のチタン酸カリウムウィスカ

ー10wt%を配合するとともに、固体潤滑剤としてポリテトラフルオロエチレン(PTFE)20wt%と、二硫化モリブデン3wt%との二種を配合し、それを所要の成型金型に注入することにより製作している。

【0039】実施例に係る保持器4は、例えばポリエーテルエーテルケトン(PEEK)を母材とし、強化繊維として直径が2μm以下のチタン酸カリウムウイスキー10wt%を配合するとともに、固体潤滑剤としてポリテトラフルオロエチレン(PTFE)15wt%と、二硫化モリブデン3wt%と、黒鉛5wt%との三種を配合し、それを所要の成型金型に注入することにより製作している。

【0040】結果としては、図4に示すように、従来例を「1」としたとき、比較例1は約3倍、比較例2は約4倍であり、さらに実施例は12倍以上経過しても寿命に至っていない。

【0041】以上のことから、比較例1、2に示すように、固体潤滑剤としてポリテトラフルオロエチレン(PTFE)と二硫化モリブデンとの二種を配合しただけでもかなりの寿命向上が認められる。しかし、実施例に示すように、固体潤滑剤としてポリテトラフルオロエチレン(PTFE)と二硫化モリブデンと黒鉛との三種を配合すれば飛躍的な寿命向上が認められることが証明された。

【0042】しかも、転がり軸受の軸受構成要素である内・外輪1、2の軌道面と転動体3の外表面とに対して、下記ふっ素系の潤滑膜10が付着されている。

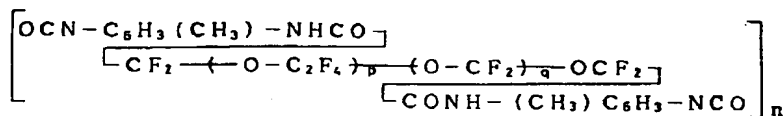
【0043】まず、上記内・外輪1、2、転動体3は、耐食性材料により形成される。この耐食性材料としては、例えばJIS規格SUS440Cなどのマルテンサイト系ステンレス鋼、例えばJIS規格SUS630などの析出硬化型ステンレス鋼に適当な硬化熱処理を施し*

た金属材料などが挙げられる。また、軽荷重用途では、例えばJIS規格SUS304などのオーステナイト系ステンレス鋼でもよい。さらに、金属材の他に、セラミックス材とすることができる。このセラミックス材としては、焼結助剤として、イットリア(Y_2O_3)およびアルミナ(Al_2O_3)、その他、適宜、窒化アルミ(AlN)、酸化チタン(TiO_2)、スピネル($MgAl_2O_4$)を用いた窒化けい素(Si_3N_4)を主体とするもの、その他、アルミナ(Al_2O_3)や炭化けい素(SiC)、ジルコニア(ZrO_2)、窒化アルミ(AlN)などを用いることができる。

【0044】次に、上記潤滑膜10は、本願出願人が出願している特開平9-137830号公報に示すような、含ふっ素ポリウレタン高分子化合物からなる固体状の膜が採用される。つまり、この潤滑膜10は、 $-C_xF_{2x}-O-$ という一般式(Xは1~4の整数)で示される単位を主要構造単位とし、いずれも平均分子量が数百万以上で硬化反応により分子間がウレタン結合された3次元の網状構造を有している。3次元の網状構造とは、化学構造上の表現であって、膜の断面が網状になっているのではなく、分子間が網状のように連続してつながって密に詰まった均質な構造になっていることを意味している。このような含ふっ素ポリウレタン高分子化合物としては、下記化学式1に示すような末端がイソシアネートの官能基付き含ふっ素重合体を用いて、化学構造を変化させたものとしてすることができる。前述の末端がイソシアネートの官能基付き含ふっ素重合体としては、パーフルオロポリエーテル(PFPE)の誘導体、具体的に例えばモンテカチーニ社の商品名フォンブリンZ誘導体(FOMBLIN Z DISOCなど)が好適に用いられる。

【0045】

【化1】



次に、上述した潤滑膜10の形成方法の一例を説明する。

【0046】(a) 上記潤滑膜10を得るための溶液を用意し、この溶液中に内・外輪1、2、転動体3および保持器4をそれぞれ個別に浸漬するか、あるいはそれらを組み立てた完成状態の転がり軸受を浸漬して数回回転させることにより、内・外輪1、2、転動体3および保持器4の外表面に液状の膜を付着させる(付着処理)。ここで用意する溶液は、末端がイソシアネートの官能基付き含ふっ素重合体(フォンブリンZ誘導体(FOMBLIN Z DISOC))を希釈溶媒(ふっ素系溶剤SV90D)で含ふっ素重合体の濃度を1mass%にまで希釈したものとする。

【0047】(b) 液状膜を付着した転がり軸受の全

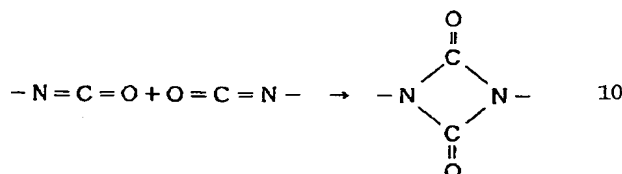
体を、40~50℃で約1分間加熱し、液状膜に含む溶媒を除去する(乾燥処理)。この時点では、液状膜のままであり、流動性を有している。

【0048】(c) この後、例えば100~200℃で3~20時間、加熱する(硬化処理)。これにより、液状膜の化学構造が変化することにより硬化反応して含ふっ素ポリウレタン高分子化合物からなる固体状の潤滑膜10が得られる。ちなみに、この硬化処理では、液状膜に存在している官能基付き含ふっ素重合体の個々について、下記化学式2~5に示すような4種の硬化反応をもって末端のイソシアネート(NCO)が消失し、各官能基付き含ふっ素重合体が互いにウレタン結合することにより3次元の網状構造となる。ウレタン結合は、化学式2、3に示すような硬化反応でもって、図5(a)に

模式的に示すように直線的に架橋するとともに、化学式 4、5 に示すような硬化反応でもって、図 5 (b) に模式的に示すように 3 次元方向で架橋する。なお、図 5 では、下記化学式 6 に示すように、上記化学式 1 を簡略化して模式的に示している。

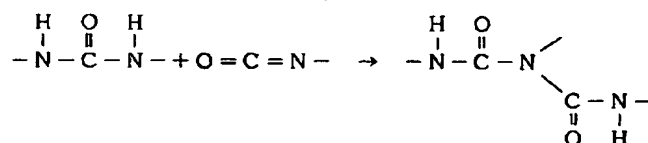
[0 0 4 9]

【化2】



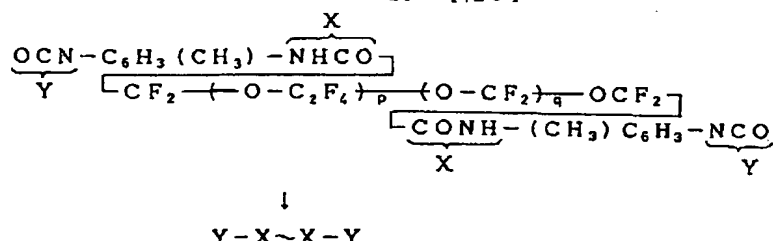
【 0 0 5 0 】

*



【 0 0 5 3 】

※20※ 【化6】

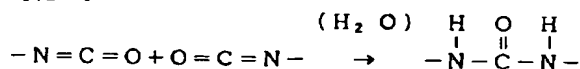


このようにすれば、転がり軸受の構成要素において互いに転がり接触またはすべり接触する部位に含ふ素ポリウレタン高分子化合物の潤滑膜 10 を好適な膜厚で形成することができる。なお、上記工程 (a)、(b) は必要に応じて数回繰返すようにしてもよく、最終的には、用途に応じて、潤滑膜 10 の膜厚を例えば $0.1 \sim 3 \mu\text{m}$ の範囲で適宜に設定することができる。

【0054】ここで、上記工程（a）で用意した溶液を濃縮乾燥しただけの状態（流動性がある状態）と、上記工程（a）で用意した溶液をステンレス鋼板などの試料に付着して硬化した状態とについて、その性状を分析したので説明する。

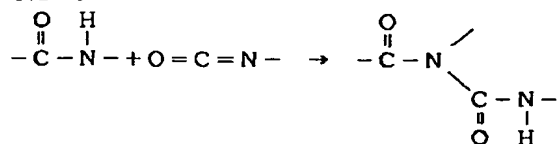
【0055】前者は、FT-IR法（フーリエ変換・赤外分光、液膜法）で分析している。その結果は、図6のグラフに示すように、ふっ素系のピーク以外にNH（ 3300 cm^{-1} ）、N=C=O（ 2279 cm^{-1} ）、N（H）C=O（ 1712 cm^{-1} 、 1546 cm^{-1} ）、ベンゼン（ 1600 cm^{-1} ）などのピークが見られ、ベンゼン環、ウレタン結合、イソシアネートが官能基として存在していることが確認できる。ここでは、薄膜と厚膜との場合についてそれぞれ調べているが、膜厚に関係なく分析が行えた。後者は、FT-IR法（フーリエ変換

* 【化3】



【 0 0 5 1 】

【化4】



【0052】

【化5】

30 は、図7のグラフに示すように、ベンゼン環やウレタン結合のピークが見られるが、イソシアネートのピークが見られない。つまり、これらの結果に基づき、上記化学式2～5に示す硬化反応による官能基の化学構造変化が確認される。

【0056】このような潤滑膜10は、それ自体が3次元の網状構造であって、被覆対象上に緻密に被覆されるときともに自己潤滑性を有するため、軸受構成要素間の転動、摺動動作に伴う摩耗、剥離、欠落といった発塵を抑制できるようになって、軸受構成要素どうしの直接的な接触を回避できるようになるとともに、摩擦抵抗がきわめて小さくなり、転動、摺動動作が円滑となる。さらに、軟質金属やカーボン、二硫化モリブデンなどの固体潤滑剤と異なり、酸、アルカリ、水などが存在する腐食環境でも、膜が劣化しにくいから、潤滑効果を持続できるとともに、剥離、欠落による軸受構成部品の表面の露出が抑制されるため、これらの耐食性をも高めることができる。

【0057】次に、上述した特徴を有する転がり軸受に関するトルク寿命試験を行ったので、説明する。

50 【0058】試験に用いた転がり軸受は、JIS呼び番

号608であり、トルク試験装置としては真空・高温用トルク試験装置を用いている。また、試験環境は、真空(10^{-5} Pa)、室温 $\sim 300^{\circ}\text{C}$ とし、転がり軸受の内・外輪1, 2と転動体3との接触面圧を1, 6 GPaとし、さらに、回転速度を200 r/mとする。

【0059】試験は、従来例と、実施例とで行った。

【0060】つまり、従来例では、保持器について、例えばポリエーテルエーテルケトン(PEEK)を母材とし、強化繊維としてチタン酸カリウムウィスカーのみを30 wt%配合し、所要の成型金型に注入することにより製作している。

【0061】実施例では、保持器4について、例えばポリエーテルエーテルケトン(PEEK)を母材とし、強化繊維として直径が $2\mu\text{m}$ 以下のチタン酸カリウムウィスカー10 wt%を配合するとともに、固体潤滑剤としてポリテトラフルオロエチレン(PTFE)15 wt%と、二硫化モリブデン3 wt%と、黒鉛5 wt%との三種を配合し、それを所要の成型金型に注入することにより製作し、上述した潤滑膜10を転がり軸受全体に付着している。

【0062】結果としては、図8に示すように、従来例の場合、回転開始から10時間の経過ですぐにトルクが約50 gf/cmに上昇し、それ以降は約58 gf/cmに保たれる。一方、実施例の場合、回転開始から70時間が経過するまでの間、トルクが約25 gf/cmと従来例の1/2以上軽減できており、しかも、70時間が経過した時点でトルクが徐々に上昇するものの、上限でも約45 gf/cm程度にとどまり、従来例よりも軽減できている。なお、上記従来例と実施例における寿命比は、図9に示すように、従来例を「1」にしたときに、実施例では1.3倍に延びた。ここでの寿命とは、初期トルクの3倍以上になるまでの時間を言う。

【0063】以上のことから、本実施形態では、回転初期において転がり接触部位や摺動部位が潤滑膜10により潤滑されるので、初期段階でのトルク上昇を従来例に比べて大幅に軽減できるようになるうえ、所定時間が経過した後も、潤滑膜10による潤滑と保持器4からの微小摩耗粉による潤滑との相乗作用でもって摩耗進展やトルク上昇を効果的に軽減できるようになる、と言える。

【0064】したがって、本実施形態では、自己潤滑性ならびに低発塵性を有する保持器4を射出成形により安価に製作できて、しかも、保持器4とふっ素系の潤滑膜10とを併用することの相乗作用でもって、初期段階でのトルク軽減と経時的なトルク軽減を、クリーン、真空環境はもとより腐食環境でも達成できるようになるなど、長年にわたって安定した性能を発揮できるようになる。さらに、軸受表面全体に膜を付着しているから、腐食環境下での軸受全体の劣化をも抑制できる。

【0065】なお、本発明は上述した実施形態のみに限定されるものではなく、種々な応用や変形が考えられ

る。

【0066】(1)上記実施形態では、転がり軸受をアンギュラ玉軸受とした例を挙げているが、軸受形式は特に限定されるものではなく、例えば深溝玉軸受などの玉軸受の他に、円筒ころ軸受、針状ころ軸受、円錐ころ軸受、球面ころ軸受などとすることができる。これらの軸受形式に応じて、保持器4のタイプとしては、いわゆる冠形やもみ抜き型などいろいろなタイプのものが使用され、いずれのタイプにも本発明を適用できる。

【0067】(2)上記実施形態では、軸受表面全体に膜を設けたが、転動体表面のみ、軌道輪の軌道部のみ、保持器の摺動部のみに設けても、一定の効果が得られる。

【0068】(3)上記実施形態の転がり軸受は、半導体製造装置、真空装置、洗浄装置(腐食環境)の他、例えば自動車エンジンの過給機、ガスタービン、工作機械などに用いることができる。

【0069】(4)上記実施形態で示した保持器4は、本願出願人が出願した特願2000-224805号で示したものを採用することができる。この特許出願において、上記実施形態で説明した特願2001-096976号の出願内容と異なる点は、母材として、さらにエチレンテトラフルオロエチレン(ETFE)を含めていることと、母材に添加する固体潤滑剤をポリテトラフルオロエチレン(PTFE)のみとしていることであり、その他の構成は基本的に同じである。ここで説明した保持器4を転がり軸受に組み込んで潤滑膜10を付着させない状態にしたときのトルク特性は、上記実施形態のトルク試験で提示した比較例1に該当する。これにより、ここで説明した保持器4を転がり軸受に組み込んで潤滑膜10を付着した状態では、上記実施形態でのトルク特性ならびに寿命と遜色ないレベルになった。

【0070】(5)上記実施形態で示した潤滑膜10については、本願出願人が出願している特開平8-226446号公報で示したものや、本願出願人が出願している特願平8-259076号で示したものとすることができる。前者の潤滑膜は、官能基を有する含ふっ素重合体からなり、流動性を有している。また、後者の潤滑膜は、前記特開平8-226446号公報に示した潤滑膜や、上記実施形態で説明した含ふっ素ポリウレタン高分子化合物からなる固体状の潤滑膜に対して、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)からなる粒子を分散混入したものである。これらいずれの潤滑膜10を用いても、上記実施形態と同等の作用、効果が得られた。

【0071】

【発明の効果】本発明に係る転がり軸受では、自己潤滑性、低発塵性ならびにアウトガス特性に優れた保持器を射出成形により安価に製作できて、しかも、前記保持器とふっ素系の潤滑膜とを併用することの相乗作用でもって、初期段階でのトルク軽減と経時的なトルク軽減を達

成できるようになるなど、長期にわたって安定した性能を発揮できるようになる。したがって、低トルク性、低発塵性と長寿命が要求される用途においてきわめて有効な転がり軸受を提供できるようになる。

【0072】特に、請求項4、5、6の発明のように、請求項1から3のいずれかに記載してある強化繊維や固体潤滑剤を選定すれば、保持器の機械的強度の向上、相手攻撃性の軽減、自身の耐摩耗性の向上を図ることができて、好ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る転がり軸受の上半分の断面図

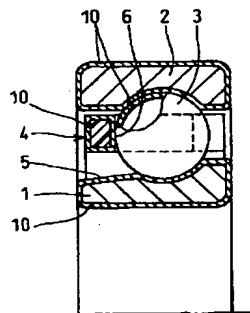
【図2】図1の保持器の斜視図

【図3】PTFE添加量別の発塵試験の結果を示すグラフ

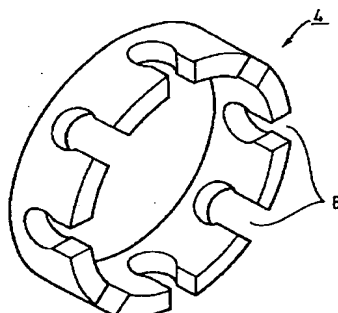
10 【符号の説明】

- 1 内輪
- 2 外輪
- 3 転動体
- 4 保持器
- 10 潤滑膜

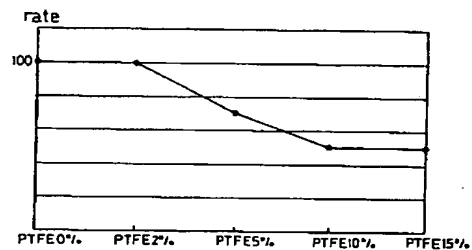
【図1】



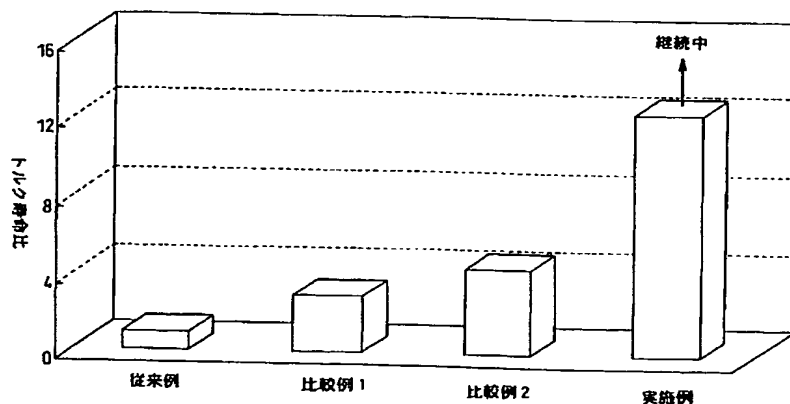
【図2】



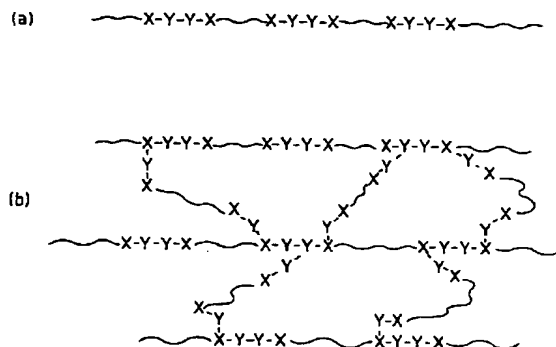
【図3】



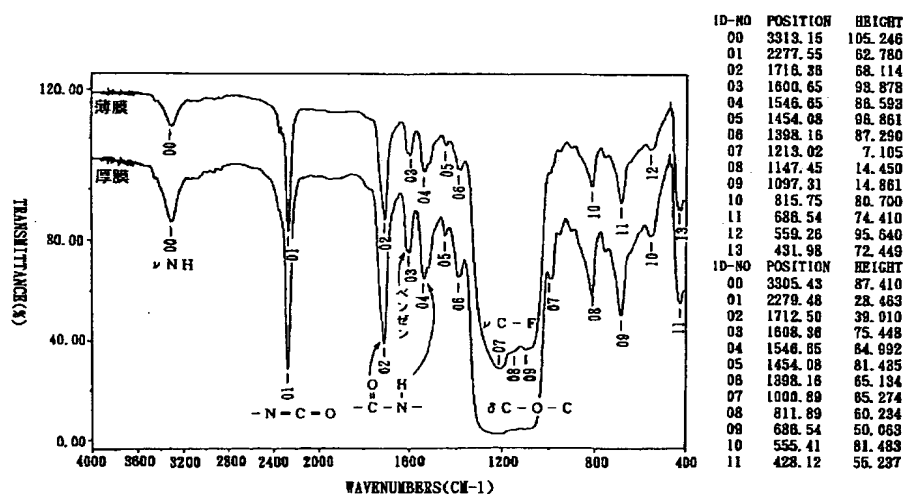
【図4】



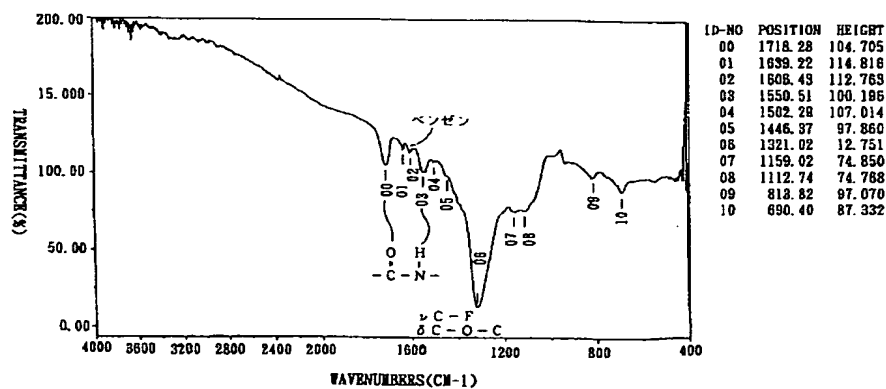
【図5】



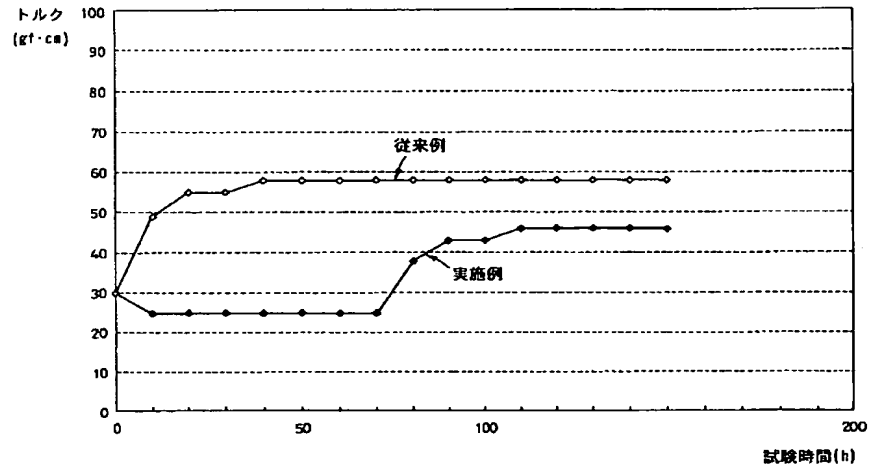
【図6】



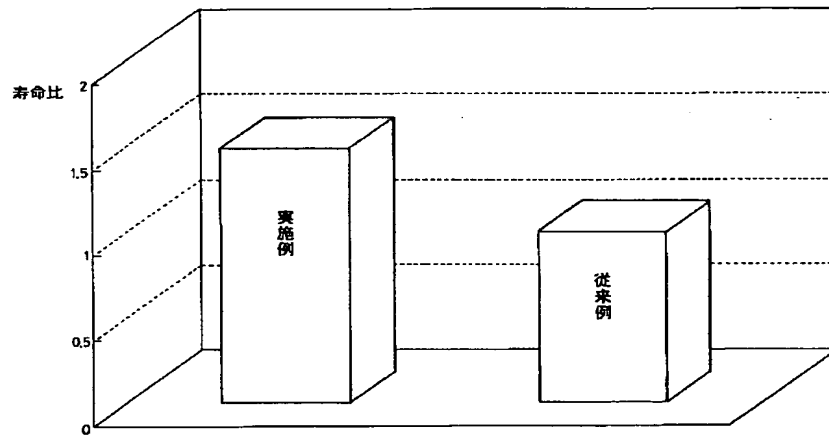
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷
F16C 33/66

識別記号

F I
F16C 33/66

テマコード (参考)
A

F ターム (参考) 3J101 AA02 AA32 AA42 AA54 AA62
BA10 BA25 BA44 BA50 BA53
BA54 BA70 CA01 CA22 CA23
CA33 DA05 DA14 EA02 EA33
EA34 EA36 EA37 EA53 EA54
EA55 EA76 FA32 FA41 GA55